

(別紙5)

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-115  
補助事業名 平成26年度静電植毛リブレットによる省エネ技術開発補助事業  
補助事業者名 名古屋工業大学 大学院工学研究科 玉野真司

### 1 研究の概要

人工毛の静電技術により微細溝を創成することで、微細溝と植毛壁の長所を併せ持つ新しい流動抵抗低減壁面を開発することを目標として、まず、断面2次流れの影響を取り除くために断面アスペクト比が大きい新流路を新たに製作した。次に、微細な溝を有する静電植毛シートの製作に関して、独自の方法を確立した。さらに、圧力損失と流量の高精度測定により、静電植毛シートの流動摩擦抵抗の評価を行った。

### 2 研究の目的と背景

本研究では、「鮫肌を模擬したリブレット（マイクロオーダーの突起と溝からなる微細溝構造）による流動抵抗低減技術」と「静電植毛による流動抵抗低減技術」の有機的な結合により、「柔軟リブレットによる流動抵抗低減技術」を新たに開発することを研究目的とする。

### 3 研究内容

静電植毛リブレットによる省エネ技術の開発 (<http://tamano.web.nitech.ac.jp>)

まず、矩形流路断面のアスペクト比が10と従来の装置よりも倍以上大きい新テスト流路（図1参照）を導入することにより、二次流れの影響がほとんどない信頼性の高い圧力損失と流量の測定を可能とした。



図1 新たに導入した新流路の完成図. 矩形断面のアスペクトは10.

次に、微細溝を有する静電植毛壁の試作を行った。接着剤の配合調整やシルクスクリーンの位置決め精度の向上を図ることで、従来よりも一様でムラが少ない微細溝を有する静電植毛シート（図2参照）を作成可能とした。

さらに、新テスト流路を用いた流量と圧力損失の測定を、層流域と乱流域を含む幅広い流速域において行った。粗さ要素を用いたデータ解析を実施し、流動抵抗の評価を行った。その結果、今回使用した静電植毛シートでは乱流抵抗低減効果を確認出来なかったが、今後、その原因解明ならびに静電植毛シートの形状のさらなる最適化を行う予定である。

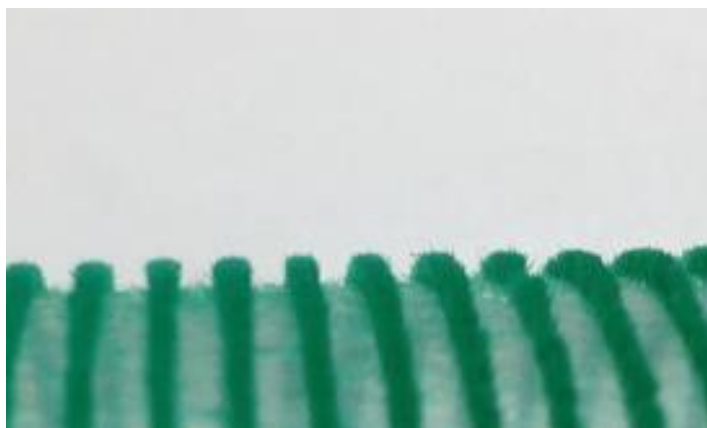


図2 製作した微細溝を有する静電植毛シート. 植毛高さ 1 mm, 間隔 2 mm.

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

植毛微細溝構造による流動抵抗低減の可能性が示されると、様々な流体機器について、それぞれの目的に応じた技術開発が始まると考えられる。

流体を扱う広範な産業分野で、省エネルギーの技術革新が期待できる。例えば、船舶・航空機などの輸送機器における燃料コスト削減、工場・ビル・ホテルなどの空調設備の冷却水の循環コスト削減、小規模水力発電、地熱発電、燃料輸送パイプラインのほか、流動損失が問題になる冷却装置、水道システムなど広い産業分野で用途がある。本課題で対象とするのは液体であるが、原理的には気体にも効果があるので、将来的には自動車、航空機、超高速鉄道車両の空力抵抗低減にも利用できると考えられる。

よって、本研究のさらなる発展により、省エネ技術の促進、環境問題への貢献が期待される。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

アスペクトが10の流路を構築したことは、今後、様々な壁面性状の流動抵抗を精度良く測定する上において、重要な成果であると言える。

壁面性状を高機能化することにより抵抗低減手法は、界面活性剤添加による抵抗低減手法に比べて明確な抵抗低減効果を得ることが難しく、未だチャレンジングな研究課題

である。

現時点においては、微細な静電植毛に関して克服すべき課題も多いが、独自の静電植毛シート製作方法を確立したことは、今後の研究に大いに役立つ成果であると言える。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

Shinji TAMANO, Hiroaki KURISAKI, Hiroki IKARASHI, and Yohei MORINISHI, Turbulent drag reduction due to electrostatic flocking surface with grooves, Proceedings of the European Drag Reduction and Flow Control Meeting 2015, Cambridge, UK, March 23–26, 2015.3, pp.45–46.

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

静電植毛リブレットに関する研究報告書

(<http://tamano.web.nitech.ac.jp/JKA-tamano.pdf>)

		目次
平成26年度 静電植毛リブレットによる省エネ技術の開発に関する 研究報告書		
名古屋工業大学 大学院工学研究科 玉野真司		
1.	研究背景および目的	2
2.	レイノルズ数および摩擦係数	3
3.	実験装置および実験方法	5
4.	静電植毛シートの生成方法	8
5.	圧力損失と流量の計測	10
6.	まとめ	13
7.	謝辞	13
8.	参考文献	14

	
---	---

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

European Drag Reduction and Flow Control Meeting (EDRFCM2015)の予稿集  
(<http://tamano.web.nitech.ac.jp/EDRFCM2015-tamano.pdf>)

European Drag Reduction and Flow Control Meeting - EDRFCM 2015  
March 29-30, 2015, Cambridge, UK  
**TURBULENT DRAG REDUCTION DUE TO ELECTROSTATIC FLOCKING  
SURFACE WITH GROOVES**

S. Tamano, H. Kurikaki, H. Kawanishi, and Y. Morieishi  
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, 466-8555, Japan

**INTRODUCTION**

It is well known that the riblet, which consists of micro-protrusions or micro-grooves on the bounding surface aligned with mean flow direction with small transverse spacing, is one of the most popular and widely accepted passive control methods used for a wall-bounded turbulent flow [1]. Riblets work as a longitudinal fence to reduce skin-friction drag by impeding spanwise movement of longitudinal vortices during sweep events and reduce the friction drag up to about 10% for the wall-bounded flow [1, 2].

For the engineering and industrial applications, a new technique is further needed to achieve the higher turbulent drag reduction as an alternative to the riblet. A hairy surface may be one of the promising candidates from the standpoint of seeking an idea from natural creatures such as the shark which is an idealized model of shark skin. Such et al. [3] achieved the drag reduction ratio up to 12% due to the seal for a wide range of Reynolds numbers. However, there are few studies on the turbulent drag reduction due to the artificial fur surface, as long as we know.

In this study, we propose a new drag reducing method using the electrostatic flocking surface with grooves. The pressure loss and flow rate in the rectangular water channel flow was measured to evaluate the relation between the friction factor and the Reynolds number and the drag reduction ratio. The obtained results were compared with those of smooth surface and uniform electrostatic flocking surface without grooves.

**EXPERIMENTAL APPARATUS AND PROCEDURE**

The experiments were conducted in a rectangular channel made of acrylic resin with a channel width  $W = 1.80$  mm, nominal channel height  $H = 30$  mm, and total channel length of 3,600 mm consisting of four sections (see Figure 1) and 25 (for details). The tap water, with the temperature kept constant by a heat exchanger, was circulated by a centrifugal pump. The flow rate was controlled by the pump with an inverter power source and a valve and measured by two electromagnetic flowmeters for large and small flow rates. The upstream two sections of the channel, I and II, were in the developing region of 2,000 mm long, and the downstream section III was in the measuring region of 1,000 mm long. The channel aspect ratio of the present flow was  $H/W = 1.67$ . The upper and lower walls of section III were test plates of  $500 \times 180 \times 15$  mm, which were coverable, while the side walls were fixed and smooth.

The friction factor was obtained by measuring the pressure loss between the locations at a streamwise interval of 700 mm in section III. Two kinds of pressure transducers (CFE Druck Co., Ltd., LPMS351 and LPMS451) whose full scales were

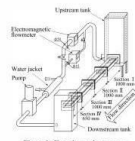


Figure 1: Experimental apparatus.

from 200 to 5,000 Pa and linearity was  $\pm 0.25\%$  were used for measurements of pressure loss.

Smooth surface made of acrylic resin plate and a set of plates adhered by sheets of electrostatic flocking surface with or without grooves were tested. Figure 2 shows the photograph of the cross section of the electrostatic flocking surface with grooves under dry condition, which was captured by a digital camera (EOS T5i, Canon Ltd) with a macro lens. The horizontal and vertical directions correspond to the spanwise and wall-normal directions, respectively. The height of the flocking is  $h = 1$  mm, and the lateral rib spacing is  $s = 2$  mm, and thus the shape factor was  $h/s = 0.5$ . At this moment, the shape of rib is not sharp, it is also noted that the present shape is not optimal for the blade-type riblet [1].



Figure 2: Photograph of electrostatic flocking surface with grooves under dry condition.

**RESULTS**

In this study, it is difficult or impossible to directly measure the channel height, the distance between the upper and lower plates for the electrostatic flocking surface, when the channel

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 名古屋工業大学 大学院工学研究科（ナゴヤコウギョウダイガク  
コウガクケンキュウカ）

住所： 〒466-8555

愛知県名古屋市昭和区御器所町

申請者： 准教授 玉野真司（タマノシンジ）

担当部署： 機能工学専攻（キノウコウガクセンコウ）

E-mail: [tamano.shinji@nitech.ac.jp](mailto:tamano.shinji@nitech.ac.jp)

URL: <http://tamano.web.nitech.ac.jp>